

SANTOS, O. F.; SOUZA, H. M.; OLIVEIRA, M. P.; CALDAS M. B.; ROQUE C. G. Propriedades químicas de um Latossolo sob diferentes sistemas de manejo. *Revista de Agricultura Neotropical*, Cassilândia-MS, v. 4, n. 1, p. 36–42, jan./mar. 2017.

Propriedades químicas de um Latossolo sob diferentes sistemas de manejo

Osvaldir Feliciano Santos¹, Hugo Manoel Souza¹, Marcela Pacola Oliveira¹, Marilise Bittencourt Caldas¹, Cassiano Garcia Roque¹

¹ Universidade Federal de Mato Grosso do Sul – UFMS, Câmpus Chapadão do Sul, Mato Grosso do Sul, Brasil. E-mail: osvaldir.feliciano@gmail.com, hugo_manuel12@hotmail.com, marcela_pacola@hotmail.com, marilizecaldas@gmail.com, cassiano.roque@ufms.br

Recebido: 15/07/2016; Aceito: 01/12/2016

RESUMO

A utilização do solo para fins agrícolas provoca alterações químicas, físicas e biológicas no solo, podendo ser necessária a intervenção por meio do manejo e utilização de calagem e adubação, sendo que a falta destes procedimentos pode afetar drasticamente os índices de produção. Desta forma, objetivou-se avaliar os efeitos de sistemas de manejo nas propriedades químicas de um Latossolo Vermelho distrófico argiloso do Cerrado brasileiro. Os sistemas avaliados foram: i) sistema de plantio convencional; ii) sistema de plantio direto; e, iii) área de floresta de eucalipto. As amostras de solo foram coletadas nas profundidades de 0-0,20 e 0,20-0,40 m. O delineamento experimental foi em blocos ao acaso no esquema fatorial 3x2 com três repetições. O sistema de plantio convencional pronunciou melhores resultados nos atributos químicos em razão da incorporação da palhada, obtendo maiores valores de K, Mg, V% na camada superficial, além da redução na m%. No entanto, o sistema de plantio direto não apresentou resultados expressivos por se tratar de um sistema em construção, embora foi constatado redução da m% e teores adequados de Ca e P. De maneira geral o sistema plantio de eucalipto pronunciou poucos benefícios nos atributos químicos.

Palavras-chave: cerrado, agroecossistemas, fertilidade do solo.

Chemical properties of a Latosol (Oxisol) under different management systems

ABSTRACT

The use of land for agricultural purposes causes chemical, physical and biological changes in the soil and may require the intervention through the management and recommendation of liming and fertilization, and the absence of management can dramatically affect production indices. This study aimed to evaluate the effects of management systems on the chemical properties of a clayey dystrophic Red Latosol (Oxisol) in the Brazilian Cerrado. The systems evaluated were: conventional tillage system, tillage system and eucalyptus forest. Soil samples were collected at depths 0-0.20 and 0.20-0.40 m. The experimental design was randomized blocks in a 3x2 factorial arrangement with three replications. The conventional tillage system delivered better results in the chemical properties due to the incorporation of straw, obtaining higher values of K, Mg, V% in the surface layer, in addition to the reduction in m%. However, the no-tillage system did not present significant results because it was a system under construction, although it was observed a reduction of m% and adequate Ca and P contents. In general, the eucalyptus plantation system showed few benefits in the chemical properties.

Key words: Savannah, agricultural ecosystems, soil fertility.

1. Introdução

Com o aumento das atividades antrópicas, o manejo sustentável dos recursos naturais, especialmente do solo e da água tem sido um tema de crescente relevância no meio científico e demonstrando ainda maior preocupação com a qualidade destes recursos (ARAÚJO et al., 2007). A qualidade do solo está diretamente relacionada à capacidade que o mesmo tem em desempenhar uma ou mais funções relacionadas à sustentabilidade da atividade agrícola, seja ela em ecossistemas naturais ou agroecossistemas, obtendo bons aspectos de produtividade, diversidade biológica, manutenção da qualidade do ambiente, promoção da saúde das plantas e animais e da sustentação de estruturas socioeconômicas (CASALINHO et al., 2007).

Logo, qualquer modificação no solo que altere sua estrutura, sua atividade biológica, sua fertilidade, trazendo benefícios ou prejuízos na qualidade do solo e na produtividade de culturas subsequentes reflete diretamente no agroecossistema (BROOKES, 1995). Sendo assim, é de suma importância avaliar as características físicas, químicas e biológicas de um determinado sistema a fim de optar por melhores sistemas de manejos que contemplem a sustentabilidade.

Apesar de alguns autores relevarem a importância da qualidade física pelo fato desta exercer influência sobre os aspectos químicos e biológicos de forma indireta (ARAÚJO et al., 2007), os atributos químicos inferem diretamente na fertilidade do solo, principalmente, devido aos teores de matéria orgânica, Ca^{+2} , Mg^{+2} , P disponível, K^+ e pH (FRAZÃO et al., 2008).

É de grande importância estudar as características de um solo em diferentes locais, pois a dinâmica da MOS e a fertilidade do solo são influenciados por fatores ambientais como temperatura, umidade, pH, potencial de oxi-redução do solo e por fatores bióticos (ENSINAS et al., 2014). São poucos os estudos que retratam a influência dos diferentes sistemas de uso do solo em sua composição química e sua posterior relação com a fertilidade dos solos locais. Assim, o presente estudo teve como objetivo identificar as alterações nas propriedades químicas do solo ocasionadas nos diferentes sistemas de produção agroflorestais.

2. Material e Métodos

O estudo foi realizado na Universidade Federal de Mato Grosso do Sul no Campus de Chapadão do Sul-MS, situado nas coordenadas (18° 47' 39" S, 52° 37' 22" W) com altitude de 810 m, cujo clima da região é classificado como Tropical úmido; a temperatura anual compreendida entre 13 a 28 °C e a precipitação pluviométrica média é de 1.850 mm, com concentração de chuvas no verão e seca no inverno.

As áreas de estudo estão situadas dentro da área experimental do campus, sendo apresentada a seguir a descrição de cada sistema: 1) *Sistema de Plantio Convencional* – SPC: Este sistema, adotado durante 8 anos no local, utiliza o sistema de cultivo mecanizado composto por subsolagem, aração e gradagem, sendo a correção de adubos e corretivos realizados conforme a análise de solos. A cultura anterior presente na área foi o milho; 2) *Sistema de Plantio Direto* – SPD: Nesta área, foi empregado o SPC durante 5 anos e nos últimos 3 anos adotado o SPD não ocorrendo o revolvimento do solo e mantendo a palhada na área. A aplicação de adubos e corretivos ocorre seguindo a análise de solos, porém não é realizada a sua incorporação. A palhada do local é composta por milheto; e, 3) *Área com plantio de Eucalipto* – EUC: Área também ocupada pelo SPC porém com implantação de *Eucalyptus grandis* há 3 anos. As plantas já apresentavam porte bastante elevado com aproximadamente 4,20 m de altura, com serapilheira cobrindo a superfície do solo. A adubação foi realizada somente no início do plantio do eucalipto, após a implantação não foi realizado nenhum tipo de revolvimento do solo no local.

Para cada sistema foram selecionadas três áreas amostrais, resultando em um total de nove áreas; destas áreas foram coletadas 3 amostras simples, retiradas em pontos distantes umas das outras nas camadas de 0 – 0,20 m e 0,20 – 0,40 m. Por fim, as amostras simples foram reunidas compondo uma amostra composta para cada profundidade e área formando três amostras compostas em cada área - que foram utilizadas como repetição. O tamanho da área utilizada em cada sistema sofreu variação em função da utilização do solo, oscilando entre 1,0 a 4,0 ha.

Parte das amostras de solo foram utilizadas nas determinações físicas. As análises químicas foram realizadas seguindo os métodos descritos pela Embrapa (1997), representada por pH em CaCl_2 ; determinação dos cátions trocáveis Ca^{2+} , Mg^{2+} e Al^{3+} , extraídos com KCl 1,0 mol L^{-1} , dosando-se o Ca^{2+} e o Mg^{2+} por espectrofotometria de absorção atômica e o Al^{3+} por volumetria; K^+ extraído com Mehlich⁻¹ e dosado por fotometria de chama; H^+ + Al^{3+} extraídos com acetato de cálcio 1,0 mol L^{-1} a pH 7,0 e determinado volumetricamente com solução de NaOH; A partir dos valores de acidez potencial, bases trocáveis e alumínio trocável calculou-se a capacidade de troca de cátions (CTC), a percentagem de saturação por bases (V) e a percentagem de saturação por alumínio (m).

Após a análise química do solo, procedeu-se à determinação de carbono orgânico total (CO) por meio de digestão sulfúrica com aquecimento externo e a matéria orgânica total (MO) de acordo com Embrapa (1997). Os valores de fósforo (P) foram determinados através de extração feita com Mehlich-1 (EMBRAPA,

1997), utilizando o método de Braga e Defelipo (1974). Os dados das análises químicas foram submetidos à análise de variância, em blocos ao acaso no esquema fatorial 3x2 sendo três sistemas de cultivo (sistema de plantio direto, sistema de plantio convencional e plantio de eucalipto) em dois níveis de profundidade (0-0,20 e 0,20-0,40 m) com três repetições. As médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Em caso de interação entre os fatores foi realizado o desdobramento dos mesmos.

3. Resultados e Discussão

Os valores médios de Fósforo (P) apresentado na Tabela 1 demonstram que em ambos os sistemas de manejo do solo, os teores deste elemento se encontraram em um nível médio conforme Sousa e Lobato (2004). O valor do Fósforo (P) foi maior no SPD de que nos demais sistemas de manejo do solo (SPC e EUC). O fato do sistema de SPD ter obtido maiores valores de P pode estar relacionado ao fato de que neste tipo de cultivo há pouco revolvimento do solo em comparação aos demais sistemas, desta forma reduzindo o contato entre o coloide do solo e o íon fosfato, diminuindo as reações de adsorção (ANGHINONI, 2007). Rodrigues et al. (2016) avaliando as frações de P em sistema de plantio direto e convencional a longo prazo, obtiveram resultados semelhantes com o do presente trabalho, onde os valores de P foram maiores no sistema SPD em comparação ao SPC.

Na disponibilidade de P nos sistemas de cultivo, ficou evidente maior valor na camada superior (0-0,20 m); tal efeito é advindo da deposição de fertilizantes nas camadas mais superficiais. Tendo em consideração que o P é um elemento de baixa mobilidade no solo é com grande dificuldade que este elemento se move atingindo maiores profundidades no solo.

A tabela 1 demonstra os resultados dos teores de Mg nos diferentes tipos de sistema de manejo do solo e

profundidades. Dentre os sistemas de manejo o SPC proporcionou maiores valores nos teores de Mg; os demais sistemas não diferiram estatisticamente. Com relação à disponibilidade do Mg nas diferentes profundidades, foi observado que em todos os sistemas a maior quantidade de Mg estava disposta na profundidade de 0-0,20 m.

Uma das principais características do cultivo convencional é o revolvimento do solo, isto por sua vez possibilita a incorporação de corretivos da acidez como o calcário que apresenta em sua composição o Ca e Mg. Logo o emprego deste tipo de sistema favorece a manutenção dos teores adequados destes elementos, conforme pôde ser observado neste trabalho.

Conforme dados da Tabela 1, houve acúmulo de K nas camadas superiores. Deubel et al. (2011) estudando os sistemas de plantio convencional e direto observaram efeito semelhante onde com maiores concentrações de K nas camadas superficiais. Segundo Frazão et al. (2008), isto ocorre pelo depósito de KCl na superfície do solo o que, devido à baixa mobilidade, favorece o seu acúmulo nas camadas superficiais. Em relação aos sistemas de plantio foi observado maiores valores de K no SPC e EUC.

Costa et al. (2005) relatam que os maiores valores de K são decorrentes da ciclagem de nutrientes, proveniente da serrapilheira, sendo tendência que plantas mais velhas contribuam em maior escala para o fornecimento deste nutriente devido à maior queda de folhas e consequente formação de matéria orgânica. Em contrapartida, observou-se baixa concentração deste nutriente no SPD o que poderia relacionar, segundo Falleiro et al. (2003), com a permanência do K na palhada. Visto que na semeadura direta não ocorre o revolvimento do solo como no sistema convencional e no momento da amostragem a palhada presente na superfície do solo não é levada em consideração, este sistema acaba apresentando baixas concentrações do nutriente.

Tabela 1. Médias de Fósforo (P), Magnésio (Mg) e Potássio (K) de um Latossolo Vermelho distrófico obtidos nas profundidades de 0 - 0,20 e 0,20 - 0,40 m em diferentes sistemas de manejo do solo, Chapadão do Sul (MS).

SM ⁽¹⁾	P	Mg	K
	-----mg dm ⁻³ -----	-----cmol _c dm ⁻³ -----	
SPC	6,41B	0,96 A	0,21A
EUC	7,36 B	0,50 B	0,21A
SPD	9,96 A	0,35 B	0,12 B
Profundidades			
0-0,20 m	9,11 a	0,71a	0,20 a
0,20-0,40 m	6,72 b	0,50 b	0,16 b
CV (%)	10,64	16,42	14,51

Letras maiúsculas comparam Sistemas de manejo entre colunas. Letras minúsculas comparam profundidades nas colunas. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%. (1) SPC: sistema de plantio convencional; EUC: eucalipto de 3 anos; SPD: sistema de plantio direto; e CV: coeficiente de variação.

Quanto à acidez do solo nos diferentes tipos de sistemas de manejo (Tabela 2), os sistemas de cultivo convencional (SPC), plantio de eucalipto (EUC) e sistema de plantio direto (SPD) não demonstraram diferenças estatísticas para o pH em CaCl_2 , tanto na profundidade de 0-0,20 m como na profundidade de 0,20-0,40 m do solo. Raij (2011) aponta que os solos podem apresentar características de acidez naturalmente em função do material de origem dos solos ou dos processos de pedogênese. Além desses fatores, os solos cultivados podem ter sua acidez aumentada pela erosão, lixiviação e extração de cátions básicos pelas culturas, fato não observado neste trabalho pois os sistemas de cultivos não foram afetados significativamente.

Os níveis de Ca em superfície (0-0,20 m) se apresentaram na média, pelos critérios estabelecidos por Sousa e Lobato (2004), para todos os sistemas de manejo do solo, pressupondo que desta maneira as ações visando a correção da acidez do solo suprimiram os níveis críticos de cálcio (Tabela 2). Os maiores valores observados no EUC podem ser atribuídos à absorção de nutrientes pelo eucalipto em camadas mais profundas do solo, visto que esta planta possui um sistema radicular profundo, havendo um retorno via decomposição da serapilheira, como reportado por Silva et al. (2009).

O menor nível observado entre os sistemas de manejo foi no SPD em relação aos demais na profundidade de 0-0,20 m. Uma possível hipótese seria de que com a permanência de resíduos vegetais na superfície aliado ao não revolvimento do solo teriam promovido uma redução da taxa de decomposição dos

ligantes orgânicos por microrganismos. Com a disponibilidade de água, os compostos orgânicos são solubilizados e podem ser lixiviados, desta forma os ligantes orgânicos complexam o Ca^{2+} do solo formando Complexos CaL^0 ou CaL^- e a alteração da carga Ca^{2+} facilita sua mobilidade no solo (CAIRES, 2010).

Quando foram analisados os sistemas de cultivo na profundidade de 0,20-0,40 m observou-se que o solo proveniente do SPC, apresentou maiores teores de Ca, seguido do EUC e SPD, respectivamente. Em se tratando dos teores de Ca nas diferentes profundidades foi possível observar que em todos os sistemas de manejo do solo o maior teor de Ca foi proveniente da profundidade de 0-0,20 m do solo; este mesmo comportamento foi observado por Pereira et al. (2009).

Observando os teores de alumínio na Tabela 2, nota-se que o sistema de manejo do solo com plantio convencional (SPC) apresentou menores teores de alumínio e maior teor de Mg. Efeito este proveniente da utilização do calcário na área em questão tanto na profundidade de 0-0,20 m como na de 0,20-0,40 m.

Em se tratando da acidez potencial ($\text{H} + \text{Al}$) dos sistemas de manejo do solo, o sistema de plantio convencional apresentou menores valores em ambas as profundidades (0-0,20 e 0,20-0,40 m) comparado aos demais sistemas (Tabela 2). A menor acidez potencial observada no SPC ocorreu devido ao fato da adição de calcário fornece ânions OH^- e HCO_3^- que são receptores de H^+ , deixando, desta maneira, os colóides disponíveis para a ligação de Ca^{2+} e Mg^{2+} , onde anteriormente eram ocupados por H^+ e Al^+ (CAIRES, 2010).

Tabela 2. Médias de pH (CaCl_2), Cálcio (Ca), Alumínio (Al), Acidez efetiva ($\text{H} + \text{Al}$), Matéria Orgânica (M.O), Carbono Orgânico (C.O) Capacidade de Troca Catiônica (CTC), Saturação por base (V) e Saturação por Alumínio (m) de um Latossolo Vermelho distrófico obtidos nas profundidades de 0-0,20 e 0,20-0,40 m em diferentes sistemas de manejo do solo, Chapadão do Sul (MS).

Propriedades	Sistema de manejo do solo ⁽¹⁾				
	Profundidade (m)	SPC	EUC	SPD	CV (%)
pH (CaCl_2)	0-0,20	4,93 Aa	4,76 Aa	4,63 Aa	3,96
	0,20-0,40	4,63 Aa	4,60 Aa	4,53 Aa	
Ca ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$)	0-0,20	2,10 Ba	2,36 Aa	1,86 Ca	3,36
	0,20-0,40	1,90 Ab	1,62 Bb	1,35 Cb	
Al ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$)	0-0,20	0,05 Cb	0,10 Bb	0,19 Ab	7,28
	0,20-0,40	0,10 Ca	0,21 Ba	0,28 Aa	
$\text{H} + \text{Al}$ ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$)	0-0,20	3,10 Bb	6,13 Aa	6,13 Aa	4,54
	0,20-0,40	4,80 Ba	6,36 Aa	5,90 Aa	
M.O (g dm^{-3})	0-0,20	28,36 Aa	24,43 Ba	24,46 Ba	6,45
	0,20-0,40	29,16Aa	18,76 Bb	18,20 Bb	
C.O (g dm^{-3})	0-0,20	16,03 Aa	14,16 Aa	14,16 Aa	6,91
	0,20-0,40	16,80 Aa	10,90 Bb	10,56 Bb	
CTC ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$)	0-0,20	6,53 Cb	9,32 Aa	8,58 Ba	2,71
	0,20-0,40	7,71 Ba	8,60 Ab	7,63 Bb	
V %	0-0,20	52,58 Aa	34,21 Ba	28,49 Ca	4,98
	0,20-0,40	37,77 Ab	26,05 Bb	22,67 Bb	
m %	0-0,20	1,52 Aa	3,03 Ba	7,34 Ca	8,44
	0,20-0,40	3,30 Ab	8,61 Bb	14,08 Cb	

Medias seguida de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste Tukey a de 5%. ⁽¹⁾ SPC: sistema de plantio convencional; EUC: eucalipto de 3 anos; SPD: sistema de plantio direto; e CV: coeficiente de variação.

Em relação à MO o SPC não apresentou diferença significativa entre as profundidades (Tabela 2), fato que pode estar relacionado ao revolvimento do solo recorrente a aração, gradagem e subsolagem de tal maneira que o material vegetal foi incorporado ao longo do perfil do solo. Isto também pode influenciar nos maiores valores obtidos entre os sistemas, haja visto que, com uma maior incorporação deste material vegetal ocorre maior degradação e consequente aumento da MO. Apesar do SPD ter como característica principal o aumento da MO, no presente trabalho o mesmo se manteve inferior ao SPC e se igualou ao EUC. Possível explicação para estes resultados pode estar relacionada ao tempo de adoção do sistema; segundo Campos et al. (2013), o aumento do teor de matéria orgânica geralmente não ocorre nos primeiros anos de adoção do SPD, mas após 6 ou 7 anos de início do sistema.

Conforme considerações de Nelson e Sommers (1996), o carbono orgânico do solo se compõe em torno de 48 a 58% da massa de matéria orgânica o que pode explicar o resultado bastante semelhante entre essas duas variáveis, exceto na camada superior de 0 – 0,20 m onde não foi constatada diferença entre os sistemas de manejo (Tabela 2). Corroborando com os trabalhos de Matias et al. (2012) e Hickmann e Costa (2012), os resultados superiores quanto ao CO e posteriormente a MO só são perceptíveis quando se tem um sistema de plantio direto superior a 6 anos, podendo este período variar de acordo com a região, clima e solo.

A maior presença de CO nas profundidades de 0,20 - 0,40 m observados para o SPC está relacionada ao maior acúmulo de material orgânico incorporado através do revolvimento do solo. Em contrapartida, os valores inferiores observados pelo SPD estaria relacionado segundo Lovato et al. (2004) à baixa decomposição de raízes e material orgânico em camadas mais profundas, sendo este material mais abundante em camadas superficiais. O mesmo também ocorre no EUC, segundo Pulrolnik et al. (2009), devido à alta relação C/N da serapilheira e o não revolvimento do solo contribuindo para o incremento no estoque de carbono orgânico e nitrogênio total principalmente nas camadas mais superficiais.

Apesar de vários autores relatarem correlação entre matéria orgânica e CTC; uma contribuição que varia em torno de 56 a 82% em solos sob condições tropicais, devido à presença de ácidos húmicos (PORTUGAL et al., 2010; CANELLAS et al., 2003; FALLEIRO et al., 2003), neste trabalho não ocorreu (Tabela 2). O teor de H + Al foi o que mais influenciou no aumento da CTC que, neste caso, também favoreceu o EUC e o SPD. A acidez potencial foi dominada exclusivamente por íons H^+ pois o nível de Al^{3+} no solo foi bastante insignificante (Tabela 2). Visto que nestes sistemas foi

encontrado baixo teor de carbono orgânico, Canellas et al. (2003) relatam que possivelmente ocorreu uma oxidação da matéria orgânica o que pode se tornar um componente importante na geração da acidez.

A saturação por bases (V%) foi maior que 50% (Tabela 2) somente no SPC na camada superior de 0 – 0,20 m, podendo neste caso ter sido influenciado pela MO, não descartando a hipótese de efeito residual das adubações e calagem passadas ocorridas nesta área. O baixo valor observado no EUC e SPD pode ser resultante, segundo Matias et al. (2009), da ocupação das cargas negativas existentes na superfície do solo por íons que geram a acidez (H^+ e Al^{3+}). Desta forma, as bases que são trocadas por estes íons acabam permanecendo na solução do solo se tornando susceptíveis à lixiviação. Quando isto ocorre, os solos se tornam distróficos, ou seja, solos pobres em bases ($V < 50\%$); à medida que se aprofunda o perfil do solo é constatado maior redução do V%.

De maneira geral, os valores obtidos pela saturação por alumínio nos sistemas de manejos são considerados baixos, não havendo a preocupação da redução do desenvolvimento das raízes. Sousa et al. (2007) aponta que altos valores de m% podem provocar a redução do tamanho de raiz e engrossamento e redução no volume influenciando diretamente na absorção dos nutrientes e da água. O menor valor encontrado no SPC pode ser decorrente da prática da calagem neste sistema, o que acarretaria no enriquecimento de Ca^{2+} ao longo do perfil do solo (Tabela 2). De outra forma, no EUC a ciclagem de nutrientes provenientes da serapilheira poderia contribuir com o aumento do Ca pois, segundo Costa et al. (2005), até o final do período de decomposição ocorre uma liberação líquida deste nutriente em torno de 18 a 20%. Em todos os sistemas de manejo ocorreu uma variação na saturação por alumínio ao longo do perfil do solo, isto se deve ao fato de maior concentração de Al nestas camadas, devido à difícil correção da acidez em maiores profundidades.

4. Conclusões

O sistema de plantio convencional pronunciou melhores resultados nos atributos químicos em razão da incorporação da palhada, obtendo maiores valores de K, Mg, V% na camada superficial, além da redução na m%.

O sistema de plantio direto não apresentou resultados expressivos por se tratar de um sistema em construção, porém observou-se redução da m% e teores adequados de Ca e P.

O manejo do solo proveniente do plantio de eucalipto demonstrou poucos benefícios nos atributos químicos do solo

Referências Bibliográficas

- ANGHINONI, I. Fertilidade do solo e seu manejo em sistema plantio direto. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V., V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. **Fertilidade do solo**. Viçosa-MG: SBCS, 2007. p. 873-928.
- ARAÚJO, R.; GOEDERT, W. J.; LACERDA, P. C. Qualidade de um solo sob diferentes usos e sob cerrado nativo. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa-MG, v. 31, n.5, p. 1099-1108, 2007.
- BRAGA, J. M.; DEFELIPO, B. V. Determinação espectrofotométrica de fósforo em extratos de solos e plantas. **Revista Ceres**, Viçosa-MG, v.21, n. 113, p.73-85, 1974.
- BROOKES, P. C. The use of microbial parameters in monitoring soil pollution by heavy metals. **Biology and Fertility of Soils**, Firenze, v.19, n. 4, p. 269-279, 1995.
- CAIRES, E. F. Manejo da acidez do solo. In: PROCHNOW, L. I.; CASARIN, V.; STIPP, S. R. **Boas práticas para uso eficiente de fertilizantes**. Piracicaba-SP: IPNI, 2010, p. 276-347.
- CAMPOS, L. P.; LEITE, L. F. C.; MACIEL, G. A.; BRASIL, E. L.; IWATA, B. F. Estoques e frações de carbono orgânico em Latossolo Amarelo submetido a diferentes sistemas de manejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília-DF, v. 48, n. 3, p. 304-312, 2013.
- CANELLAS, L. P.; VELLOSO, A. C. X.; MARCIANO, C. R.; RAMALHO, J. F. G. P.; RUMJANEK, V. M.; REZENDE, C. E.; SANTOS, G. A. Propriedades químicas de um cambissolo cultivado com cana-de-açúcar, com preservação do palhicho e adição de vinhaça por longo tempo. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa-MG, v. 27, n. 5, p. 935-944, 2003.
- CASALINHO, H. D.; MARTINS, S. R.; SILVA, J. B.; LOPES, A. S. Qualidade do solo como indicador de sustentabilidade de agroecossistemas. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas-RS, v. 13, n. 2, p. 95-203, 2007.
- COSTA, G. S.; GAMA-RODRIGUES, A. C.; CUNHA, G. M. Decomposição e liberação de nutrientes da serapilheira foliar em povoamento de *Eucalyptus grandis* no norte fluminense. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 29, n. 4, p. 563-570, 2005.
- DEUBEL, A.; HOFMANN, B.; ORZESSEK, D. Long-term effects of tillage on stratification and plant availability of phosphate and potassium in a loess chernozem. **Soil e tillage research**, Amsterdam, v.117, n.1, p.85-92, 2011.
- EMBRAPA. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro-RJ: Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 1997. 212p.
- ENSINAS, S. C.; MARCHETTI, M. E.; SILVA, E. F.; POTRICH, D. C.; MARTINEZ, M. A. Atributos químicos, carbono e nitrogênio total em Latossolo submetido a diferentes sistemas de uso do solo. **Global Science Technology**, Rio Verde -GO, v. 7, n. 2, p.24-36, 2014.
- FALLEIRO, R. M.; SOUZA, C. M.; SILVA, C. S. W.; SEDIYAMA, C. S.; SILVA, A. A.; FAGUNDES, J. L. Influência dos sistemas de preparo nas propriedades químicas e físicas do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa-MG, v. 27, n. 6, p. 1097-1104, 2003.
- FRAZÃO, L. A.; PICCOLO, M. C.; FEIGL, B. J.; CERRI, C.C.; CERRI, C. E. P. Propriedades químicas de um Neossolo Quartzarênico sob diferentes sistemas de manejo no Cerrado mato-grossense. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília-DF, v. 43, n. 5, p. 641-648, 2008.
- HICKMANN, C.; COSTA, L. M. Estoque de carbono no solo e agregados em Argissolo sob diferentes manejos de longa duração. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental**, Campina Grande-PB, v. 16, n. 10, p.1055-1061, 2012.
- LOVATO, T.; MIELNICZUK, J.; BAYER, C.; VEZZANI, F. Adições de carbono e nitrogênio e sua relação com os estoques no solo e com o rendimento do milho em sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa-MG, v. 28, n.1, p. 175-187, 2004.
- MATIAS, M. C. B.; SALVIANO, A. A. C.; LEITE, L. F. C.; GALVÃO, S. R. S. Propriedades químicas em Latossolo Amarelo de Cerrado do Piauí sob diferentes sistemas de manejo. **Revista Ciências Agrônômicas**, Fortaleza - CE, v. 40, n. 3, p. 356-362, 2009.
- MATIAS, S. S. R.; CORREIA, M. A. R. CAMARGO, L. A.; FARIAS, M. T.; CENTURION, J. F.; NÓBREGA, J. C. A. Influência de diferentes sistemas de cultivo nos atributos físicos e no carbono orgânico do solo. **Revista Brasileira Ciências Agrárias**, Recife-PB, v.7, n. 3, p. 414-420, 2012.
- NELSON, D. W.; SOMMERS, L. E. Total carbon, organic carbon and organic matter. In: PAGE, A.L. **Methods of Soil Analysis: Chemical Methods**. 5ª ed. Madison: SSSA and ASA, 1996. p. 963-1010.
- PEREIRA, R. G.; ALBUQUERQUE, A. W.; CUNHA, J. L. X. L.; PAES, R. A.; CAVALCANTE, M. Atributos químicos do solo influenciados por sistemas de manejo. **Revista Caatinga**, Mossoró-CE, v. 22, n. 1, p. 78-84, 2009.
- PORTUGAL, A. F.; COSTA, O. D. V.; COSTA, L. M. Propriedades físicas e químicas do solo em áreas com sistemas produtivos e mata na região da zona da mata mineira. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa-MG, v. 34, n. 2, p. 575-585, 2010.
- PULROLNIK, K.; BARROS, N. F.; SILVA, I. R.; NOVAIS, R. F.; BRANDANI, C. B. Estoques de carbono e nitrogênio em frações lábeis e estáveis da matéria orgânica de solos sob eucalipto, pastagem e cerrado no vale do Jequitinhonha-MG. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa-MG, v. 33, n. 5, p. 1125-1136, 2009.
- RAIJ, B.V. **Fertilidade do solo e manejo de nutrientes**. Piracicaba-SP: IPNI, 2011. 420 p.
- RODRIGUES, M.; PAVINATO, P. S.; WITHERS, P.J.A.; TELES, A. P. B.; HERRERA, W. F. B. Legacy phosphorus and no tillage agriculture in tropical oxisols of the Brazilian savanna. **Science of the Total Environment**. Amsterdam, v. 542, n.15, p. 1050-1061, 2016.
- SILVA, L. G.; MENDES, I. C.; REIS JUNIOR, F.B.; FERNANDES, M. F.; MELO, J. T.; KATO, E. Atributos

físicos, químicos e biológicos de um Latossolo de cerrado em plantio de espécies florestais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília-DF, v. 44, n. 6, p. 613-620, 2009.

SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. **Cerrado: correção do solo e adubação**. 2ª ed. Brasília-DF: Embrapa Cerrados, 2004. 416 p.

SOUSA, D. M. G.; MIRANDA, L. N.; OLIVEIRA, S. A. Acidez do solo e sua correção. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V., V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. **Fertilidade do solo**. Viçosa-MG: SBCS, 2007. p. 203,-274.